

Pemodelan *Soft Capacity* Pada *Wideband-Code Division Multiple Access* (WCDMA)

Herlinawati¹, M. Komarudin¹, Dody Firmansyah²

1. Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung

2. Alumni Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung

Jl.Prof.Dr. Soemantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung

Abstrak-- Teknologi WCDMA merupakan teknologi 3G yang mampu memberikan layanan dengan bit rate yang tinggi. Sehingga mampu menyediakan layanan data *real time* dan *non real time*. Kebutuhan akan akses yang cepat tersebut semakin meningkat terutama di daerah urban. Namun kapasitas sel WCDMA memiliki keterbatasan. Pengkalan WCDMA berbasis pada CDMA yaitu dimana pengguna menggunakan frekuensi yang sama namun dibedakan menurut urutan kode-kode unik. Sehingga kapasitas sel WCDMA dibatasi oleh dua hal yaitu jumlah kode yang digunakan dan interferensi. Interferensi datang dari penggunaan frekuensi yang sama oleh pengguna. Keterbatasan kapasitas sel karena interferensi dikenal sebagai *soft capacity*. Pada kenyataannya hubungan antara interferensi dan kapasitas sel pada WCDMA sangatlah kompleks. Sebagai contoh interferensi terjadi karena posisi pengguna dalam sel, penggunaan antena dan pancaran daya yang kurang sempurna oleh BTS.

Kata kunci: WCDMA, *soft capacity*, *interferensi*

Abstract— WCDMA as 3G technology can provide high bit rate service. Therefore it is available to real time and non real time data service. In urban area needs of high bit rate service more increasing. However the capacity of WCDMA was limited. WCDMA channeling based on CDMA technology, every user use same frequency yet it distinguish by unique codes sequence. Hence the capacity of WCDMA was limited by two things, first by amount of code and interference. Interference comes from user who applying same frequency. Definition of soft capacity is when maximum capacity was limited by the amount of interference. In fact relation between interference and cell capacity in WCDMA are quite complicated. As example interference can happen because position of user in cell area, type of used antenna and imperfect power control from BTS.

Keyword: WCDMA, *soft capacity*, *interference*.

A. Pendahuluan

Teknologi WCDMA adalah salah satu sistem yang digunakan untuk layanan 3G. Kemampuan *bit rate* dari 144 kbps hingga mencapai 2 Mbps pada WCDMA dapat melayani aplikasi seperti video call, *broadband internet wireless* dan layanan multimedia lainnya.

WCDMA memiliki *chip rate* 3,84 Mcps yang diperkirakan mampu melayani *bandwidth* sebesar 5MHz. Namun *bandwidth* dan *bit rate* yang tinggi tidak menjadikan teknologi WCDMA bebas dari masalah. WCDMA memiliki sistem pengkalan yang berbeda dengan GSM dimana setiap pengguna menggunakan frekuensi yang sama namun dibedakan dengan kode-kode unik *Walsh Code*. Dari bentuk pengkalan tersebut kapasitas pada WCDMA dibatasi oleh dua hal yaitu interferensi dan jumlah kode walsh yang digunakan. Kapasitas yang terbatas karena interferensi dikenal sebagai *Soft Capacity*.

Interferensi pada WCDMA datang dari pengguna dalam sel dan pengguna di luar sel karena penggunaan frekuensi yang sama (*Co Channel Interference*).

Interferensi ini terjadi akibat daya yang dipancarkan setiap pengguna berbeda-beda tergantung dari jarak pengguna tersebut ke BTS. Sehingga layanan yang diberikan menjadi tidak maksimal dan berimbas pada penurunan kapasitas pengguna sel dan perlu adanya solusi untuk menanggulangi keadaan tersebut, terutama pada teknologi

Naskah ini diterima pada tanggal 2 Juni 2008, direvisi pada tanggal 2 Juli 2008 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 1 Agustus 2008

WCDMA yang memiliki kemampuan akses yang cepat.

B. Teori Dasar

Jaringan seluler WCDMA

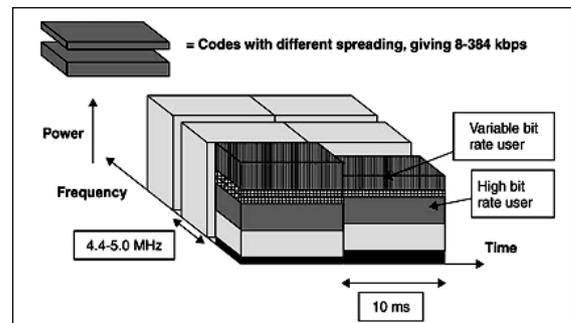
International Mobile Telecommunication (IMT)-2000, *International Telecommunication Union (ITU)* merumuskan sistem 3G sebagai sistem yang mampu mendukung komunikasi data berkecepatan tinggi dengan *rate* antara 144 kbps sampai lebih dari 2 Mbps serta telah mampu mengaplikasikan sistem 3G seperti CDMA 2000 dan *wideband-CDMA (WCDMA)* [1].

Pengembangan sistem 3G berdasarkan teknologi W-CDMA dan CDMA 2000. Beberapa hal penting lain yang termasuk variasi 3G yaitu *Time Division Synchronous Code Division Multiple Access (TD-SCDMA)* yang digunakan di Cina, dan NTT DoCoMo FOMA yang digunakan di Jepang. FOMA didasarkan kepada W-CDMA dan tunduk kepada IMT-2000.

Karakteristik dari WCDMA yaitu:

- WCDMA merupakan sistem *wideband Direct-Sequence Code Division Multiple Access (DS-SS-CDMA)*, dimana *bit* informasi pengguna disebar sampai melebihi lebar *bandwidth* dengan mengalikan data pengguna dengan *bit quasi-random* yang disebut *chip*, yang diantarkan dari kode *spreading* CDMA.
- Chip rate* sebesar 3,84 Mcps sehingga dapat membawa data dengan *bandwidth* sebesar 5 MHz. Inti dari pengoperasian ini, yaitu operator jaringan dapat menyebarkan pembawa 5 MHz untuk meningkatkan kapasitas. Jarak pembawa dapat dipilih pada *grid* 200 kHz antara 4,4 dan 5 MHz, tergantung kepada interferensi diantara pembawa.

- WCDMA mendukung penggunaan *data rate* pengguna yang bervariasi, sehingga mendukung konsep *Bandwidth on Demand (BoD)*. *Data rate* pengguna terjaga dengan tetap selama setiap 10 ms *frame*. Alokasi kapasitas radio yang cepat akan secara khusus dikendalikan oleh jaringan untuk mencapai *throughput* optimum bagi layanan paket data.
- WCDMA mendukung dua mode dasar operasi: *Frequency Division Duplex (FDD)* dan *Time Division Duplex (TDD)*. Mode FDD memisahkan frekuensi pembawa 5 MHz untuk *uplink* dan *downlink*, sedangkan mode TDD hanya sebuah frekuensi 5 MHz sebagai waktu yang dibagi antara *uplink* dan *downlink* [4].

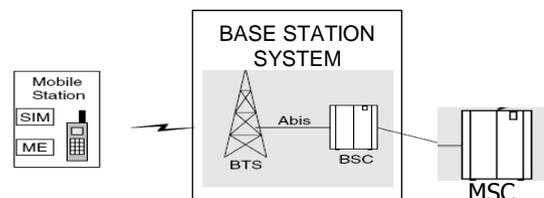


Gambar 1. Alokasi *bandwidth* WCDMA dalam waktu-frekuensi-kode[4].

Struktur Sistem Seluler CDMA

Secara umum sistem seluler terdiri atas tiga komponen dasar yaitu:

- Mobile Station (MS)*
- Base Station System (BS)*
- Mobile Switching Centre (MSC)*

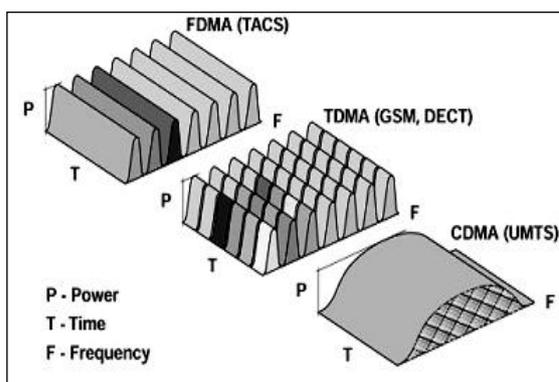


Gambar 2. Struktur umum sistem komunikasi seluler

Sistem Pengkalan CDMA

Dalam sistem pengkalan, total spektrum terbagi kedalam sejumlah besar kanal radio yang jumlahnya relatif terbatas. Tiap kanal radio terdiri dari sepasang frekuensi yang digunakan untuk pengiriman dari *base station* ke *mobile station* (*forward channel/downlink channel*) dan untuk pengiriman dari *mobile station* ke *base station* (*reverse channel/uplink channel*). *Forward* dan *reverse channel* ditentukan dengan memisahkan frekuensi secara lebar untuk menjaga interferensi seminimum mungkin antara pengiriman dan penerimaan.

Kanal dibuat dengan membagi total *bandwidth* sistem kedalam kanal frekuensi melalui *Frequency Division Multiplexing* (FDM) selanjutnya membagi setiap kanal frekuensi kedalam kanal waktu melalui penggunaan *Time Division Multiplexing* (TDM). Sebagian besar sistem menggunakan kombinasi FDMA dan TDMA [6]. *Code Division Multiple Access* (CDMA) [7] merupakan teknik yang memungkinkan pengguna mengirimkan data menempati pita frekuensi dan waktu yang bersamaan. Pengguna dikanalisasikan secara unik menggunakan kode-kode tertentu. Melalui urutan-urutan kode, data pengguna yang dikirimkan dikodekan berdasarkan keunikan kode tersebut sehingga pengguna bisa dibedakan.

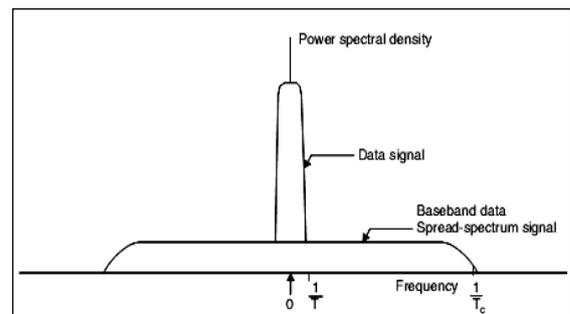


Gambar 3. Teknik akses dasar dalam domain daya-waktu-frekuensi

Teknik *Spread Spectrum*

Teknik ini melibatkan pengiriman informasi dimana sinyal informasi dikali dengan urutan kode-kode *pseudo-random noise* (PN), kode-kode tersebut kemudian disebar (*spreading*) sampai melebihi *bandwidth* frekuensi. Penerima mendeteksi dan menggunakan urutan PN untuk *de-spread bandwidth* frekuensi dan *decode*-kan ulang informasi yang dikirimkan.

Teknik komunikasi ini memberikan daya densitas sinyal yang cukup besar dengan *bandwidth* transmisi yang diberikan dan memberikan tingkatan sinyal enkripsi yang besar serta keamanan dalam prosesnya [8].



Gambar 4. Spektrum kerapatan daya sinyal data sebelum dan setelah *spreading* [9].

Konsep *spread spectrum* berkembang dari prinsip teorema *Shannon*:

$$C = B_w \log_2(1 + S/N) \quad (1)$$

dimana : B_w = *bandwidth* kanal (Hz)

C = kapasitas kanal (bps)

S = daya sinyal (dB)

N = daya *noise* (dB)

Persamaan diatas memberikan hubungan antara kemampuan teoritis komunikasi kanal dengan informasi terkirim tanpa *error* bagi perbandingan *signal-to-noise* dan *bandwidth* kanal yang diberikan. Kapasitas kanal dapat ditingkatkan dengan menaikkan *bandwidth* kanal, daya pancar, atau kombinasi keduanya [10].

Sistem *spread spectrum* memiliki dua tipe dasar pembangkitan sinyal, yaitu :

- Direct sequence spread spectrum* (DSSS) atau
- Frequency hopping spread spectrum* (FHSS)

$$N = 1 + \frac{G_p}{E_b/N_0} \approx \frac{G_p}{E_b/N_0} \quad (4)$$

untuk nilai N yang besar.

Kapasitas Sel Pada Sistem CDMA [7]

Kapasitas sel didefinisikan sebagai maksimum jumlah *user* yang dapat didukung secara bersamaan pada tiap sel.

Dengan mengingat sistem tunggal sel CDMA dimana sejumlah *mobile* secara bersamaan mengirim pada frekuensi yang sama, dan tiap *mobile* ditentukan urutan kode unik PN, maka :

Apabila,

$$E_b = P / f_{data}$$

$$E_b / N_0 = \frac{P}{N_0 f_{data}}$$

$$N_0 = I / B_c$$

Jadi, $E_b / N_0 = \frac{P}{I} \frac{B_c}{f_{data}} = \frac{P}{I} \times G_p$ (2)

dimana:

P = daya pancar

E_b = Energi per *bit*

B_c = *bandwidth* sinyal *spread spectrum*

f_{data} = *bit rate* informasi

I = daya akibat interferensi

G_p merupakan *bandwidth* RF dibagi dengan *bit rate* informasi, dimana *bandwidth* RF kira-kira sama dengan *chip rate*. Sehingga jika f_{chip} adalah *chip rate*, kemudian *bandwidth* RF $B_c = f_{chip}$, maka $G_p = f_{chip} / f_{data}$ disebut sebagai *process gain*. Selama terjadi *bit error rate*, nilai E_b/N_0 selalu tetap. Akibatnya *process gain* lebih besar, semakin besar interferensi yang diperbolehkan (yaitu I/P) untuk *bit rate error* itu.

Jika ada N pengirim dengan daya dan *chip rate* yang sama, maka :

$$I = (N - 1) P \quad (3)$$

Dengan menggunakan persamaan (2) diatas,

$$I/P = \frac{(N-1)P}{P} = N-1 = \frac{G_p}{E_b/N_0}$$

Kapasitas yang diberikan pada persamaan diatas dapat dicapai apabila dalam keadaan kondisi ideal.

Sistem dibatasi oleh interferensi sehingga kapasitas sistem dapat ditingkatkan dengan mengurangi interferensi. Ada sejumlah cara untuk mengatasi hal ini. Pertama, interferensi akibat pengguna lain dapat dikurangi dengan mengganti antena *omnidirectional* dengan satu *directional*. Kedua, pembicaraan manusia dikarakteristikan sebagai pembicaraan *burst* yang diikuti periode diam. Jika pengirim dimatikan selama periode diam ini, interferensi ke pengirim lain akan berkurang, dan sebagai akibatnya seluruh kapasitas sistem akan meningkat. Karena itu, kapasitas sebenarnya diberikan dengan

$$N_{user} = 1 + \frac{G_p}{E_b/N_0} \frac{\alpha}{(1+i)v} \quad (5)$$

dimana α adalah faktor koreksi akibat ketidaksempurnaan kontrol daya, i adalah efek interferensi kanal bersebelahan dari sel lain dalam sistem multisel, dan v adalah faktor aktivitas suara.

Tabel 1.

Parameter	Nilai Rata-rata
Faktor koreksi kontrol daya, α	0,5 - 1,0
Faktor aktifitas suara, v	0,4 - 0,6
<i>Inter cell interference to Intra cell interference ratio</i> , i	0,5 - 0,9. 0,65 (3 sectoral) 0,55 (omnidirectional)

C. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini pengamatan tentang *soft capacity* didasarkan pada definisi bahwa kapasitas sel WCDMA terbatas karena interferensi. Maka pembahasan

akan dititik beratkan pada persamaan kapasitas sel dari setiap model. Terutama pada variabel-variabel persamaan pada tiap model yang akan dibandingkan sesuai dengan klasifikasinya.

Variabel persamaan tersebut akan menggambarkan karakteristik sistem yang diasumsikan tiap model. Nilai variabel akan dibandingkan dari model-model di setiap klasifikasi. Sehingga dapat diketahui perbedaan dan persamaan apa saja yang dimiliki model-model tersebut.

Beberapa metode digunakan untuk mengurangi interferensi salah satunya adalah dengan mengganti antena *omnidirectional* dengan satu *directional*, sehingga penguatan antena akan mengoptimalkan penerimaan sinyal dan pengiriman. Namun kemampuan antena tersebut bergantung dari jenis antena yang dipakai, jumlah elemen antena dan jarak antara elemen antena tersebut. Selain itu interferensi dalam proses pengiriman sinyal baik dari BTS ataupun dari pengguna berpengaruh pada kapasitas sel. Pelemahan sinyal yang terjadi adalah:

- *Path loss* ; fenomena dimana menurunnya daya yang diterima pengguna pada jarak tertentu saat terjadi pemantulan, difraksi dan refraksi.
- *Shadowing* ; terjadi karena sinyal terhalang oleh bangunan, bukit, pohon dan dedaunan. Sehingga pada penerimaan sinyal terjadi delay yang mengakibatkan amplitudo dan fasa berubah pada periode penggunaan kanal. Sinyal informasi yang diterima tidak akan sempurna.
- *Multipath fading* ; pemantulan sinyal pada benda ke banyak arah seperti rumah, bangunan dan hutan yang mengelilingi pengguna. Sehingga pada penerimaan sinyal terjadi delay namun relatif lebih pendek daripada *shadowing* yang mengakibatkan

amplitudo dan fasa berubah pada periode penggunaan kanal.

Pada perhitungan *link budget* maksimum nilai *path loss* akan dapat diketahui dan nilai tersebut berhubungan dengan area cakupan sel.

D. Pembahasan

Model *soft capacity* untuk *uplink* pada WCDMA

Tabel 2 memperlihatkan variabel pendukung model *soft capacity* untuk *uplink* pada WCDMA dengan membandingkan 2 model. Terdapat 3 variabel yang memiliki nilai baik pada model 1 [14] dan model 2 [15]. Nilai faktor aktifitas pengguna pada model 1 didasarkan oleh hubungan antara beban trafik dan kontinuitas penggunaan layanan suara, nilai pada tabel 2 adalah nilai rata-rata yang dapat berpengaruh pada kapasitas sel. Pada model 2, nilai faktor aktifitas pengguna merupakan asumsi yang digunakan pada simulasi..

Nilai target E_b/N_o yang merupakan perbandingan rata-rata *bit* energi dengan *noise spectral density*, sebesar 7 dB dimana nilai tersebut berhubungan dengan bit rate layanan yang digunakan pada sistem. Dengan mengurangi nilai E_b/N_o maka kapasitas sel akan meningkat.

Faktor koreksi kontrol daya menunjukkan fungsi dari pengontrolan daya pada BTS yang tidak sempurna. Hal ini terjadi karena daya yang dipancarkan tiap pengguna berbeda. Pada model 1, nilai rata-rata faktor koreksi kontrol daya adalah 0,5-1,0, sedangkan pada model 2, nilai faktor koreksi kontrol daya adalah:

$$k_{pc} = e^{\beta^2 \sigma_c^2 / 2}$$

dimana:

Tabel 2. Model *Soft Capacity* untuk *uplink* pada WCDMA

Variabel persamaan	Model 1 [14]	Model 2 [15]
<i>Chip Rate</i>	3,84 Mcps	3,84 Mcps
<i>Bit Rate</i>	9,6 Kbps	9,6 Kbps
Target E_b/N_0	7 dB	7 dB
Faktor koreksi kontrol daya	0,5-1,0	1,0
Faktor aktifitas pengguna	0,4-0,6	0,6
Rasio <i>Interferensi co-channel</i>	0,5-0,9	0,6
Rasio <i>Background Noise power to received power</i>	0,2	-
<i>Gain Antenna</i>	18 dBi (antenna 3 sektoral)	-
<i>Side lobe level</i>	-	-15 dB
Standar deviasi kontrol daya	-	8dB-12dB
Jarak pengguna ke BTS tetangga	-	Nilai Tidak tetap
Jarak pengguna ke BTS sel yang melayaninya	-	Nilai Tidak tetap
Kecepatan pengguna	-	120 Km/jam
Variabel acak gaussian	-	± 10 dB
Jarak jangkauan BTS	-	1000 m
Tinggi antenna BTS	-	10 m
Tinggi antenna pengguna	-	1,5 m.

β : bernilai $\frac{1}{10} \log 10 = 0,1$

σ_c : standar deviasi = $1,5\text{dB} = 10^{0,15} = 1,412$

sehingga:

$$k_{pc} = e^{0,1^2 \cdot 1,412^2 / 2} = 1,0099$$

Perhitungan faktor koreksi kontrol daya pada model 2 dilakukan karena berhubungan dengan kepadatan pengguna pada sel. Kepadatan pengguna menjadi kasus yang diamati dalam simulasi di

model 2. Posisi pengguna di dalam area sel diperhitungkan pula pada model 2. Variabel jarak pengguna dengan BTS memiliki nilai tidak tetap tergantung kondisi distribusi spasial diasumsikan jika:

$- f(r) = \frac{1}{R}$ (dimana kepadatan diarea sekitar BTS merata),

$- f(r) = \frac{2}{R} \left(1 - \frac{r}{R}\right)$ (kepadatan tinggi di area dekat BTS)

$$-f(r) \frac{2}{R} \left(\frac{r}{R} \right) \text{ (kepadatan rendah di area dekat BTS)}$$

dimana :

R : jangkauan sel

r : jarak pengguna ke BTS

Tinggi antena BTS dan antena pengguna termasuk variabel yang mempengaruhi kapasitas sel karena berhubungan dengan propagasi sinyal *uplink*.

Nilai standar deviasi kontrol daya juga berpengaruh pada peningkatan kapasitas sel. Pada tabel 2, standar deviasi kontrol daya diasumsikan bernilai 1 karena berhubungan dengan mobilitas pengguna yang memiliki kecepatan bergerak 120 km/jam. Sehingga akan terjadi gangguan pada sinyal yang diterima BTS. Dengan kata lain kontrol daya pada BTS dianggap bekerja kurang sempurna. Jika nilai $\sigma_c = 0$, maka kontrol daya dianggap bekerja sempurna dan kapasitas sel akan meningkat.

Baik model 1 maupun model 2 hanya menggunakan satu jenis layanan, hal ini menunjukkan kedua model belum berada pada teknologi 3G. Pada model 1, persamaan sistem dikembangkan hingga mampu menghitung kapasitas sel untuk berbagai layanan.

Model *soft capacity* untuk *downlink* pada WCDMA

Tabel 3 memperlihatkan variabel pendukung model *soft capacity* untuk *downlink* pada WCDMA dengan membandingkan 2 model. Variabel bit rate, faktor aktivitas pengguna dan faktor ortogonal memiliki nilai yang berbeda pada tiap model. Perbedaan nilai bit rate terlihat dari jenis layanan yang dipakai. Pada model 1 terdapat tiga jenis layanan yang dipakai yaitu suara, *Circuit Switch data* (*video call, video streaming*) dan *Packet*

Switch Data (FTP, www dan lain-lain). Model 2 memakai dua layanan yaitu suara dan data. Penggunaan nilai *bit rate* yang lebih tinggi pada model 1 karena dalam simulasi yang dilakukan, digunakan asumsi tiga jenis kanal yaitu AWGN atau kanal statik, kedua kecepatan pengguna = 3 km/jam dan ketiga kecepatan pengguna 120 km/jam. Penggunaan bit rate ini juga menunjukkan bahwa baik model 1 maupun model 2 dipersiapkan untuk teknologi 3G, karena mampu melayani layanan suara maupun data.

Faktor aktivitas pengguna menunjukkan porsi waktu ketika pengguna aktif melakukan hubungan transmisi dengan BTS. Nilai faktor aktivitas pada model 1 berhubungan dengan jenis aplikasi serta *channel coding* yang digunakan. Pada suara nilai yang diberikan adalah 0,6 berarti kanal pada BTS 60% aktif dapat digunakan untuk layanan suara, sedangkan untuk *packet switch data* dan *circuit switch data* bernilai 1 yang artinya kanal pada BTS 100% aktif. Pada model 2, nilai faktor aktifitas pengguna untuk suara bernilai 0,5 dan untuk data bernilai 1.

Faktor orthogonal merupakan salah satu variabel yang juga memiliki nilai pada kedua model *downlink soft capacity* diatas. Faktor orthogonal adalah persentasi sinyal BTS yang menjadi interferensi pada perangkat pengguna saat terjadi efek *multipath fading*. Pada model 1, nilai faktor orthogonal adalah 0,1 yang menunjukkan interferensi sinyal dari BTS pengaruhnya kecil terhadap perangkat pengguna. Sedangkan pada model 2, nilai faktor orthogonal lebih besar. Nilai faktor interferensi ini menunjukkan perbandingan antara interferensi sel lain terhadap interferensi didalam sel. Pada model 2 asumsi nilai faktor interferensi lebih besar dibandingkan nilai yang disumsikan pada model 1.

Persentasi *overhead channel power* 25% . Semakin kecil persentasi *overhead channel power* menunjukkan penurunan tingkat daya pancar sinyal BTS sehingga diasumsikan kontrol daya BTS bekerja kurang sempurna sehingga daya pancar berkurang

Tabel 3 Model *Soft Capacity* untuk *downlink* pada WCDMA

Variabel Persamaan	Model 1 [16]	Model 2 [17]
<i>Chip Rate</i>	3,84 Mcps	3,84 Mcps
<i>Bit Rate</i>	12,2 Kbps (Suara) 64 Kbps (<i>Circuit Switch data</i>) 64, 144, 384 Kbps (<i>Packet Switch Data</i>)	8 Kbps (suara), 144 Kbps (data)
Target E_b/N_o	5,1 dB (suara Static channel)	-
Faktor aktifitas pengguna	0,6 (Suara) 1 (<i>Circuit Switch data</i>) 1 (<i>Packet Switch data</i>)	0,5 (suara) 1 (data)
Faktor interferensi	0,3	0,55
Faktor ortogonal	0,1	0,4
Daya yang ditransmisikan BTS	-	20 W
Path Loss	-	Maksimum. 154dB (suara) Maksimum. 151dB (data)
Target E_b/I_o	-	7,6 dB (suara) 5,5 dB (data)
N_o	-	-169 dBm/Hz
Target $E_{c,DPCH}/I_o$	-16,6 dB(suara, <i>Static channel</i>) -12,6 dB(<i>Circuit Switch data, Static channel</i>) -13,1 dB (64 Kbps, <i>Packet Switch Data, Static channel</i>) -9,9 dB (144 Kbps, <i>Packet Switch Data, Static channel</i>) -5,6 dB(384 Kbps, <i>Packet Switch Data, Static channel</i>)	-
Persentasi <i>overhead channel power</i>	25 %	-

Model *soft capacity* untuk layanan beragam pada WCDMA

Dari tabel 4, terlihat perbedaan nilai bit rate untuk komunikasi suara. Pada model 1, nilai bit rate berhubungan dengan jenis layanan dan mobilitas pengguna. Pada model 2, bit rate hanya berhubungan pada jenis layanan dimana untuk komunikasi data hanya dapat dilakukan pada paket data *non real time*. Pada model 1, komunikasi data juga dapat dilakukan untuk komunikasi data *real time*.

Pada model 1, kanal diprioritaskan untuk komunikasi data *real time*, hal ini terlihat dari nilai faktor aktivitas pengguna untuk komunikasi data *real time* bernilai satu. Sehingga kanal diasumsikan aktif 100 % untuk komunikasi data tersebut. Lalu prioritas ketersediaan kanal yang kedua adalah untuk komunikasi suara yang memiliki nilai faktor aktivitas pengguna 0,5. Prioritas ketiga adalah komunikasi data *non real time* dengan nilai faktor aktivitas pengguna 0,2. Dari data tersebut terlihat bahwa model 1, dipergunakan untuk komunikasi 3G karena mampu melayani pengguna untuk layanan data maupun suara dengan bit rate yang tinggi.

Model 2 juga dipersiapkan untuk melakukan beragam layanan, namun model 2 memiliki kekurangan yaitu hanya menunjukkan nilai faktor aktivitas pengguna untuk komunikasi suara saja.

Pada model 2, variabel jarak pengguna yang melakukan *soft handover* dan tidak melakukan *soft handover* bernilai tidak tetap karena posisi pengguna diasumsikan selalu berubah dalam area sel. Variabel ini berhubungan dengan daya yang dipancarkan BTS. Semakin dekat pengguna ke BTS maka daya sinyal yang dipancarkan dari BTS ke pengguna akan semakin baik.

Pancaran daya akan terganggu karena fenomena *shadowing*, yaitu pelemahan sinyal karena sinyal terhalang oleh bangunan, bukit, pohon dan dedaunan di area sel. Oleh karena itu pada model 2 dalam persamaan terdapat nilai standar deviasi *shadowing*, untuk menunjukkan pengaruh pelemahan sinyal pada arah komunikasi *downlink*. Selain itu pelemahan sinyal pada *downlink* juga dipengaruhi oleh faktor orthogonal yang didefinisikan sebagai persentasi sinyal BTS yang menjadi interferensi pada perangkat pengguna saat terjadi efek *multipath fading*.

Rasio daya kanal trafik pada model 2 dibutuhkan untuk menjaga nilai E_b/I_0 tetap pada target yang ditentukan, pada sel yang tidak mengimplementasikan *soft handover*. Rata-rata nilai rasio daya kanal trafik harus lebih besar dari daya maksimum yang dipancarkan oleh BTS agar dapat melayani pengguna yang berada pada area batas BTS.

Untuk mengatasi hal tersebut maka model 2 menggunakan *soft handover* untuk membagi daya antara dua BTS yang berseberangan. Sehingga pengguna yang berada di batas antara kedua area BTS tersebut dapat dilayani.

Keuntungan lain dari *soft handover* adalah penurunan daya saat terjadi *shadowing* tidak sebesar pada penggunaan sel tunggal (sistem tanpa *soft handover*), karena sinyal pengguna dapat ditransmisikan pada dua kanal radio yang berbeda. Namun efek *soft handover* terhadap interferensi saat *downlink* sangatlah kompleks. Karena berhubungan dengan faktor-faktor seperti posisi pengguna, pelemahan sinyal dan pengaturan daya pancar sinyal BTS.

Tabel 4. Model *Soft Capacity* untuk layanan beragam pada WCDMA

Variabel persamaan	Model 1 [18]	Model 2 [14]
<i>Chip Rate</i>	3,84 Mcps	3,84 Mcps
<i>Bit Rate</i>	12,2Kbps(suara) 144 Kbps (data <i>real time</i>) 384 Kbps (data non real time)	9,6 Kbps (suara) 144 Kbps (packet data) 384 Kbps (packet data)
Target E_b/N_o	-	≥ 7 dB
Target E_b/I_o	5 dB (suara) 1,5dB(data <i>real time</i>) 1 dB (data <i>non real time</i>)	-
Faktor koreksi kontrol daya	-	0,5-1,0
Rasio daya kanal trafik	0,8	-
Faktor aktifitas pengguna	0,5 (suara) 1 (data <i>real time</i>) 0,2 (data <i>non real time</i>)	0,4-0,6 (suara)
Faktor orthogonal	0,6	-
Standar deviasi <i>shadowing</i>	8dB	-
Rasio <i>Interferensi co-channel</i>	-	0,5-0,9
Rasio <i>Background Noise power to received power</i>	-	0,2
<i>Gain Antenna</i>	-	18 dBi

E. Kesimpulan

- a. Kondisi wilayah dimana sistem berada dapat menimbulkan fenomena seperti *shadowing* dan *multipath fading*. Sehingga dapat terjadi interferensi pada proses pentransmisiian sinyal.
- b. Keterbatasan kemampuan kontrol daya dari BTS yang tidak sempurna dapat menyebabkan terjadinya interferensi saat pentransmisiian sinyal.
- c. Posisi pengguna pada sel dapat menyebabkan interferensi terhadap pengguna lain dalam sel tersebut.
- d. Nilai path loss dapat menggambarkan seberapa besar interferensi yang terjadi pada sebuah sistem WCDMA.
- e. Interferensi yang terjadi pada sistem WCDMA menjadikan kapasitas sel akan berkurang. Keterbatasan kapasitas oleh karena interferensi adalah pengertian dari *soft capacity*.
- f. Dari pembahasan yang dilakukan terlihat bahwa kapasitas sel pada setiap model bergantung pada tingkat interferensi yang terjadi. Semakin kecil interferensi semakin besar kapasitas sel.

- g. Jenis layanan yang digunakan pengguna akan mempengaruhi kapasitas sel. Pengaruh datang terutama dari nilai Bit rate layanan.

Daftar Pustaka

- [1] Mishra, Ajay R. 2007. *Advanced Cellular Network Planning and Optimisation-2G/2.5G/3G. Evolution to 4G*. John Wiley & Sons. Inggris
- [2] Bannister, J., Mather, P., and Coope, Sebastian. 2004. *Convergence Technologies for 3G Networks*. John Wiley & Sons. Inggris.
- [3] Goleniewski, Lillian and Jarrett, Kitty W. 2006. *Telecommunications Essentials 2nd ed*. Addison Wesley Professional. USA
- [4] Holma, Harri and Toskala, Antti. 2007. *WCDMA for UMTS – HSPA Evolution and LTE 4th ed*. John Wiley & Sons. Inggris.
- [5] Kaaranen, Heikki dkk. *UMTS Network Architecture Mobility and Services 2nd ed*. John Wiley & Sons. Inggris.
- [6] Garg, Vijay K. 2007. *Wireless Communications and Networking*. Morgan Kaufmann. San Francisco.
- [7] Muratore, Flavio. 2001. *UMTS Mobile Communications for the Future*. John Wiley & Sons. Inggris.
- [8] Anonim.1999. *A Technical Tutorial on Digital Signal Synthesis*. http://www.analog.com/UploadedFiles/Tutorials/450968421DDS_Tutorial_rev12-2-99.pdf diakses tanggal 12 Mei 2007.
- [9] Ali Abu-Rgheff, Mosa. 2007. *Introduction to CDMA Wireless Communications*. Elsevier. San Diego.
- [10] Torrieri, Don. 2005. *Principles of Spread-Spectrum Communication Systems*. Springer. Boston.
- [11] Karim, M.R. and Mohsen, Sarraf. 2002. *W-CDMA and cdma2000 for 3G Mobile Networks*. McGraw–Hill. USA.
- [12] Walke, B., Seidenberg, P., and Althoff, M.P. 2003. *UMTS: The Fundamentals*. John Wiley & Sons. Inggris.
- [13] Pahlevi, M. Reza. 2003. *Analisa Trafik Pembicaraan Pada Jaringan GSM PT. Satelindo Cabang Lampung*. Unila. Bandar Lampung.
- [14] Ramović, Alma Skopljak 2008. *The Modification of WCDMA Capacity Equation*. http://2008.telfor.rs/files/radovi/03_06.pdf. Diakses tanggal 19 Januari 2009.
- [15] Taha-Ahmed, Bazil., Calvo-Ramón, Miguel., and Haro-Ariet, Leonardo de. *Uplink Practical Capacity and Interference Statistics of WCDMA Cigar-shaped Microcells for Highways in Rural Zones with Non-Uniform Spatial Traffic Distribution and Imperfect Power Control*. <http://journals.tubitak.gov.tr/elektrik/issues/elk-06-14-2/elk-14-2-8-0501-5.pdf>. Diakses tanggal 19 januari 2009.
- [16] Engineering Service Group. *Air Interface Cell Capacity of WCDMA Systems*. http://www.qualcomm.com/common/document/white_paper/Air_Interface_cell_capacity_of_wcdma_systems.pdf. Diakses tanggal 19 januari 2009.
- [17] Balzanelli, Chiara., Munna, Antonella. And Verdone, Roberto. *WCDMA Downlink Capacity part I*. <http://www-site.deis.unibo.it/httdida/sistra/Approfondimento/softhando>

- [18] [ver2.pdf](#). Diakses tanggal 19 januari 2009.
Chen, Yue. *Soft Handover Issues in Radio Resource Management for 3G WCDMA Networks*.
<http://www.elec.qmul.ac.uk/research/thesis/yuechen/2003.pdf>.
Diakses tanggal 19 januari 2009.
- [19] Suryana, Joko. *Kuliah Wireless*.
http://radar.ee.itb.ac.id/kuliah_wireless/bab5/content.html.
Diakses tanggal 1 Februari 2009.